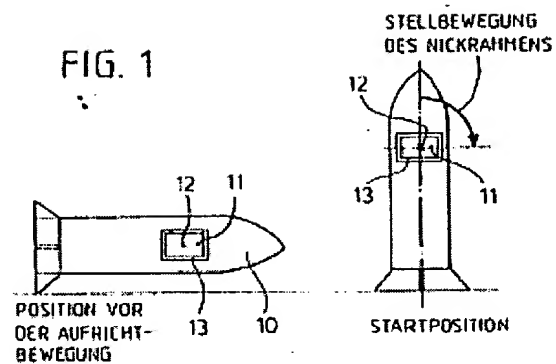


**Arrangement for automatic azimuth transmission**

**Patent number:** DE3735629  
**Publication date:** 1989-05-11  
**Inventor:** HOFMANN FRITZ (DE)  
**Applicant:** MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM (DE)  
**Classification:**  
- international: F41G7/34  
- european: F41G7/00F  
**Application number:** DE19873735629 19871021  
**Priority number(s):** DE19873735629 19871021

**Abstract of DE3735629**

The invention relates to an arrangement for automatic azimuth transmission and pre-launch recalibration of the generic type in Claim 1, in the case of which a missile which is launched vertically or inclined obliquely is equipped with an adjustable pitch frame for the strap-down sensor stack, as a result of which a major reduction in aggravating error components for azimuth and flight measurement is ensured.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 37 35 629.1  
㉔ Anmeldetag: 21. 10. 87  
㉕ Offenlegungstag: 11. 5. 89

DE 37 35 629 A1

DE 37 35 629 A1

⑦1 Anmelder:  
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

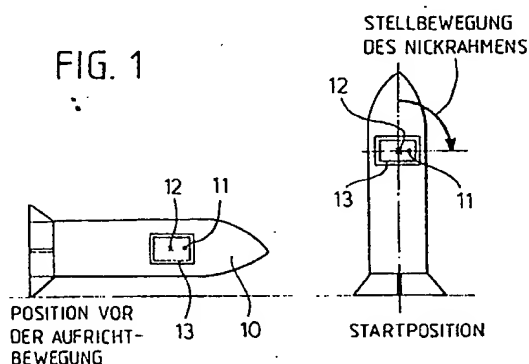
⑦2 Erfinder:  
Hofmann, Fritz, 8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Anordnung zur automatischen Azimut-Übertragung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur automatischen Azimut-Übertragung und Vorstart-Nachkalibrierung gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1, bei der ein senkrecht oder schräg geneigt startender Flugkörper mit einem verstellbaren Nickrahmen für das Strapdown-Sensorpaket ausgerüstet ist, womit eine wesentliche Reduzierung gravierender Fehleranteile für Azimut und Flugvermessung gewährleistet wird.

FIG. 1



DE 37 35 629 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur automatischen Azimut-Übertragung und Vorstart-Nachkalibrierung gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

Durch die DE-OS 36 22 064 der Anmelderin ist es bekannt geworden, durch sogenannte Transfer-Ausrichtung des Anfangsazimuts bei einem senkrecht oder in der Elevation geneigt startenden Lenkflugkörper die Probleme der Anfangsausrichtung und Vorstart-Kalibrierung durch eine hochgenaue bodenseitige Azimut-Referenz der Bodenanlage für ein Sensorpaket im Flugkörper zu verbessern. Die dort aufgezeigte Lösung hat den Vorteil, daß das zur Bodenanlage gehörende Peilgerät unmittelbar am Boden montiert bzw. installiert werden kann. Für gewisse Anwendungsfälle jedoch ist der Nachteil einer relativ komplizierten Vermessungsgeometrie mit großen Abmessungen gegeben, was vor allem für Flugkörper die mit variabler Elevation starten gilt. Diesen Nachteil beseitigte man nun dadurch, daß noch vor dem Aufrichten des Flugkörpers die Azimutreferenz von der Bodenanlage zum Flugkörper übertragen und die darauf erfolgende Aufrichtbewegung durch die flugkörperseitigen Sensoren überwacht und hinsichtlich eines azimutrelevanten Anteils gemessen werden. Die weitere Anfangsausrichtung in der Neigung wird dann anschließend mittels Beschleunigungsmesser im Flugkörper durchgeführt, die die Einkopplung der Schwerkraft messen.

Jedoch auch diese Lösung ist nicht optimal, denn sie ist mit dem Nachteil behaftet, daß bei der Erfassung des azimutrelevanten Anteils der Aufrichtbewegung für diese Lösung spezifische Fehler auftreten, nämlich ein Achsfehler der flugkörperseitigen Kreisel, die die Aufrichtbewegung überwachen und zweitens ein Querneigungsfehler der Lotreferenz der Aufrichtbewegung.

Der erstgenannte Achsfehler ergibt beispielsweise bei einem Wert von 0,3 mrad und einem Aufrichtwinkel von ca. 1 rad den Zusatzfehler von

$$(0,3 \text{ mrad}) \times 1 \text{ rad} = 0,3 \text{ mrad}$$

und bei einem Nullpunktfehler der für die Lotreferenz verwendeten flugkörperseitigen Beschleunigungsmesser von 0,2 mg und einem Aufrichtwinkel von 1 rad entsteht ein weiterer Zusatzfehler von

$$(0,2 \text{ mg/1 g}) \times 1 \text{ rad} = 0,2 \text{ mrad}.$$

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese Zusatzfehler, die das Gesamt-Fehlerbudget der Navigation des Flugkörpers belasten, zu beseitigen und damit eine hohe Genauigkeit des Flugkörper-Azimutsystems sowie eine zusätzliche Möglichkeit zur Vorstart-Nachkalibrierung der flugkörperseitigen Geräte zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 aufgeführten Maßnahmen erreicht. In den Unteransprüchen sind Maßnahmen zur Weiterbildung und Ausgestaltung angegeben und in der nachfolgenden Beschreibung ist ein Ausführungsbeispiel erläutert und in den Figuren der Zeichnung skizziert. Es zeigt

Fig. 1 ein Schemabild des sog. Strapdown-Pakets in verstellbarem Nickrahmen in horizontaler und in senkrechter Stellung des Flugkörpers,

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Funktion des Nickrahmens in schematischer Darstellung,

Fig. 3 eine Darstellung der Meßachsen  $ax$ ,  $az$  und der Anfangsgeschwindigkeit  $vx$  für eine sogenannte Wurfparabel,

Fig. 4 eine Darstellung der Kalibrierpositionen des Nickrahmens zur Nacheichung von  $ax$  und  $az$  in schematischer Darstellung,

Fig. 5 eine Darstellung der Kalibrierpositionen zum Nacheichen der Kreisel drift für die Gier- und Rollachse, einmal in Bezug zur Erddrehung und zum andernmal in Bezug zur Schwerkraft,

Fig. 6 eine Darstellung der Skalierung des Nickkreisel und der Achskopplungen der Kreisel für Gieren und Rollen.

Wie bereits erwähnt, die genannten Zusatzfehler belasten das Gesamtfehlerbudget der Flugkörpernavigation und zur Erfüllung der gestellten Aufgabe wird vorgeschlagen, den gesamten Sensorblock 11 — auch "Strapdown-Paket" genannt — in einen variabel einstellbaren Nickrahmen 13 zu montieren, der durch eine zur Aufrichtbewegung rückläufige grobe Stellbewegung die verbleibende, um die Nickachse 12 rotierende, Drehbewegung des Sensorblocks 11 bis auf einen kleinen Restfehler reduziert. Bei einem Restfehler von ca. 5 mrad ergibt sich nun beispielsweise folgende Minimierung der oben genannten Zusatzfehler:

Für	den	1.	Zusatzfehler:
(0,3 mrad) $\times$ 5 mrad			= 0,0015 mrad;
Für	den	2.	Zusatzfehler:
(0,2 mg/1 g) $\times$ 5 mrad			= 0,001 mrad.

Diese Fehlerwerte sind um Potenzen besser als sie bisher in Kauf genommen werden mußten. Nunmehr haben sie eine vernachlässigbare Größe erreicht.

Der vorgeschlagene verstellbare Nickrahmen "beseitigt" nicht nur die Zusatzfehler, sondern er erlaubt auch die Reduzierung einer Reihe von Fehlern der Sensoren des Strapdown-Pakets, beispielsweise Fehler, die durch Alterung oder durch Einflüsse der Anfangstemperatur entstehen usw. Diese Sensorfehler werden im Rahmen einer sogenannten "Vorstart-Kalibrierung" der einzelnen Sensormeßachsen, die in verschiedene Kalibrier-ausrichtungen gestellt werden, festgestellt und in dem Bordrechner 16 gespeichert. Die Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild, das diesen Vorgang skizziert. Die Kalibriereinrichtung 15 gibt den gewünschten Einstellwert entweder einem Winkelgeber 14, der danach den Nickrahmen 13 einstellt, oder einer Meßeinrichtung für die Achsen  $ax$  und  $az$ , die ihr Signal an den Nickrahmen 13 zu dessen Einstellung eingibt. Winkelgeber 14 und Meßeinrichtung 14a geben ihren Sollwert dem Bordrechner 16 ein, der vom Nickrahmen 13 den jeweiligen Istwert erhält und beispielsweise durch Differenzbildung nun den verbliebenen Zusatzfehler ermittelt und abspeichert. Während der Missionsphase treten im wesentlichen nur noch die späteren kurzfristigen Veränderungen der Sensorkennlinien als Fehlerquellen der Navigation auf.

Nachfolgend seien einige Beispiele für die vor dem Start nachkalibrierbaren Sensorfehler skizziert. Die Fig. 4 der Zeichnung zeigt die Meßachsen  $ax$  und  $az$  für ein Trägerfahrzeug bzw. einen Flugkörper 10 mit annähernd einer "Wurfparabel" gleichen Flugbahn. Für den Positionsfehler bei Flugende gilt hierbei annähernd:

$$(\text{Distanzfehler } 1/\text{Gesamtdistanz}) = 2 \times \text{Skalierungsfehler der Anfangsgeschwindigkeit } vx = 2 \times \text{Skalierungsfehler des Beschleunigungsmessers } ax;$$

(Distanzfehler 2/Gesamtdistanz) =  $0,5 \times \text{Flugzeit}$   
 $2 \times \text{Nullpunktfehler der Beschleunigungsmesser } ax$   
 bzw.  $az$ .

Aus Fig. 4 sind die vier Kalibrierungspositionen, in die der Sensorblock 11 mit Hilfe des Nickrahmens 13 gegenüber der Schwerkraft eingestellt wird, um die Skalierungs- und Nullpunktfehler der betroffenen Beschleunigungsmesser für  $ax$  und  $az$  vor dem Start zu eliminieren.

Die Fig. 5 zeigt schematisch die Kalibrierungspositionen gegenüber der Erddrehung und der Schwerkraft, in denen vor dem Start als weitere Sensorfehler die  $g$ -unabhängige Drift und die  $g$ -abhängige Drift der im Strapdowngerät — also dem Sensorpaket 11 mit trägerfest ausgerichteten Meßachsen — vorhandenen Wendekreis für die Messung der Gier- und der Rollbewegung gemessen und nachkalibriert werden.

Da die Nickachse 12 bei den verschiedenen gezeigten Kalibrierpositionen im Raum feststeht, ist für die Nachkalibrierung des Kreisels der Nickachse nur eine Position verfügbar. Dadurch ist seine Drift nicht so ohne weiteres in einen  $g$ -abhängigen und einen  $g$ -unabhängigen Anteil zu separieren. Für diesen Kreisel kann aber — wie in Fig. 7 schematisch skizziert — der Skalierungsfehler dadurch problemlos nachkalibriert werden, in dem z. B. mit Hilfe eines Winkelgebers 14 im Nickrahmen 13 oder einer Meßeinrichtung 14a für  $ax$  und  $az$  definierte Stellwinkel des Nickrahmens 13 angesteuert werden.

Wenn die Nickachse des Nickrahmens bei den Kalibrierbewegungen ausreichend genau geführt wird, so ist auch eine Nachkalibrierung der Kreuzkopplungen der Kreiselachsen für Gieren und Rollen gegenüber einer Nickbewegung möglich.

Durch diese vorbeschriebenen Maßnahmen ist nun eine Anordnung geschaffen, die nicht nur eine hohe Genauigkeit des Azimut-Systems eines Flugkörpers bzw. einer Startanlage gewährleistet, sondern auch die zusätzliche Möglichkeit einer Vorstart-Nachkalibrierung der trägerseitigen Geräte schafft.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur automatischen Azimut-Übertragung und Vorstart-Nachkalibrierung bzw. Inertialnavigation eines senkrecht oder in der Elevation geneigt startenden Lenkflugkörpers, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorpaket mit trägerfest ausgerichteten Meßachsen (11) (Strapdownpaket) in einem variabel einstellbaren Nickrahmen (13) angeordnet ist, der sich automatisch der Aufrichtbewegung und der Fluglage des Lenkflugkörpers durch entsprechende Drehung um die Nickachse (12) anpaßt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Nickrahmen (13) eine Einrichtung zur Vorstart-Kalibrierung der einzelnen Sensor-Meßachsen sowie ein Winkelgeber (14) zugeordnet ist, der den Sollwert des gewünschten Winkelwertes dem Nickrahmen (13) und dem Bordrechner (16) zur Ermittlung und Speicherung des jeweiligen Sensorachsen-Restfehlers eingibt.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Nickrahmen (13) eine Meßeinrichtung (14a) für die Stellung der Achsen  $ax$  und  $az$  zugeordnet ist.

3735629

FIG. 1

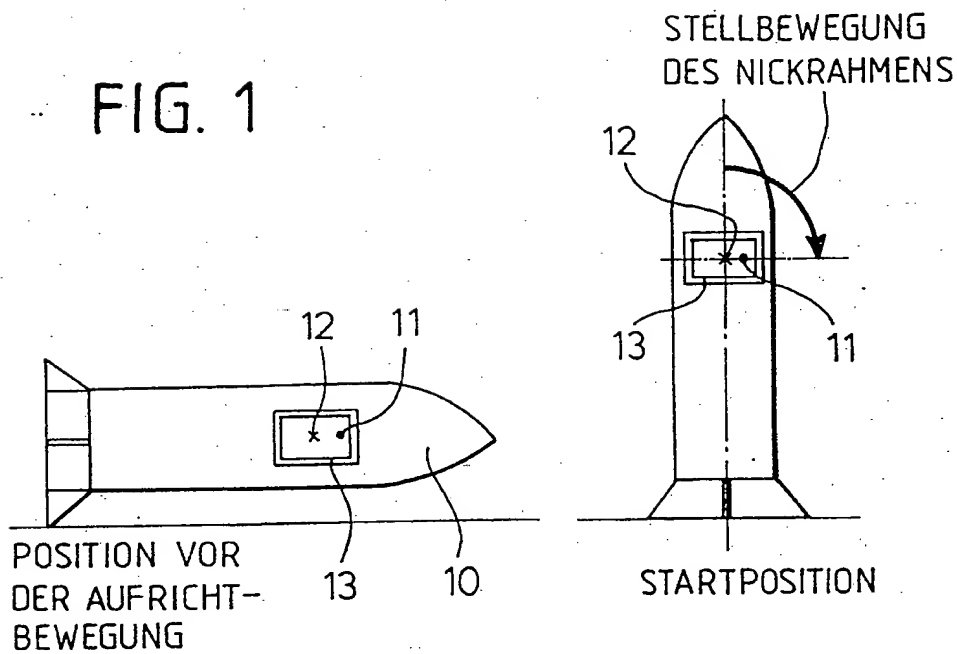


FIG. 2

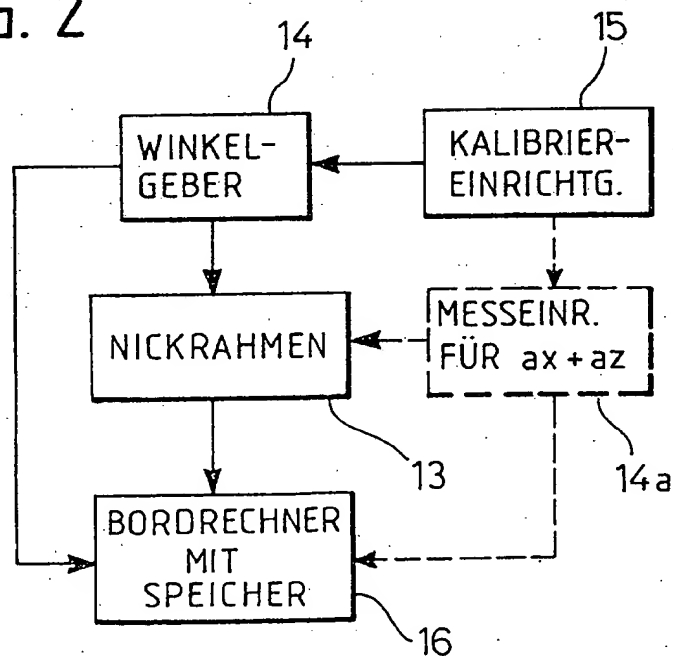


FIG. 3

3735629

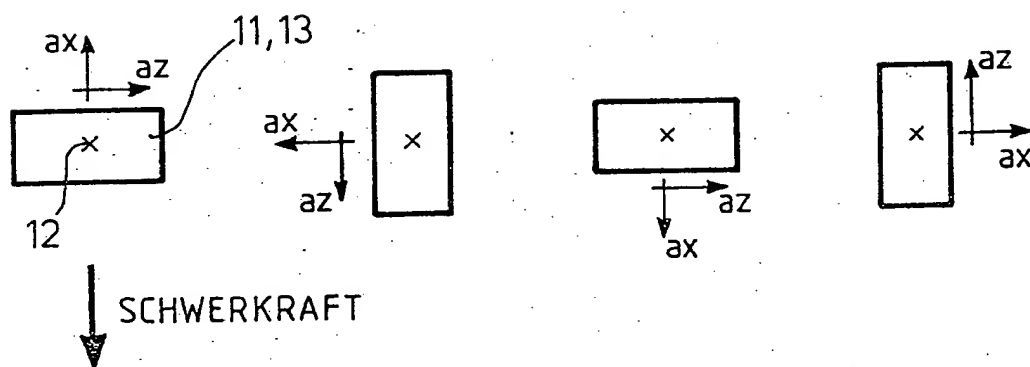
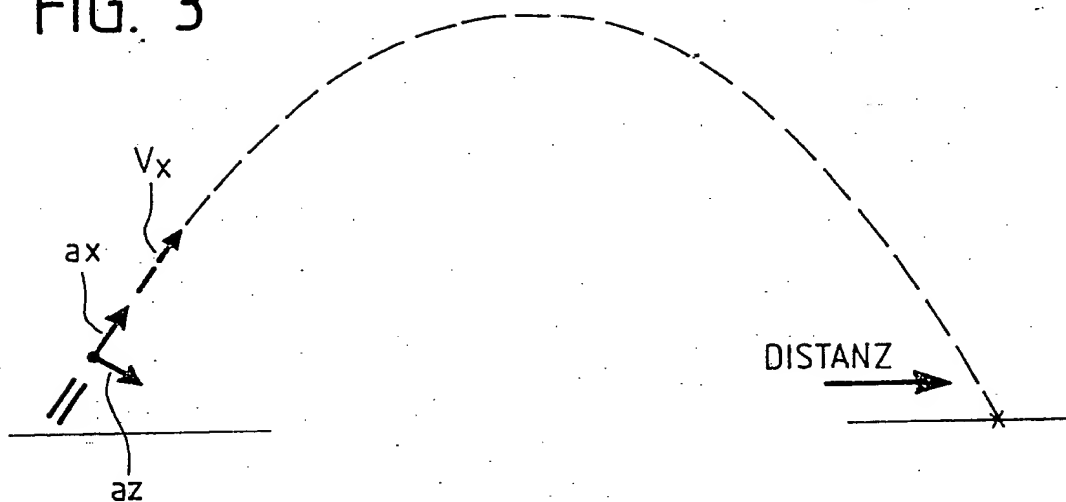


FIG. 4

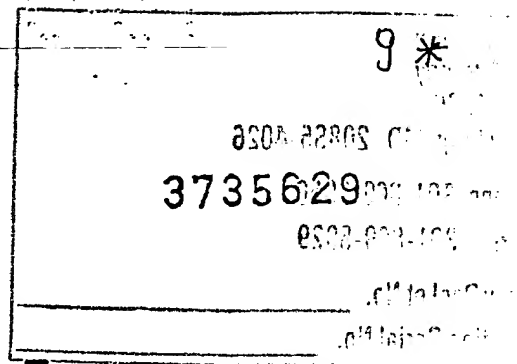


FIG. 5

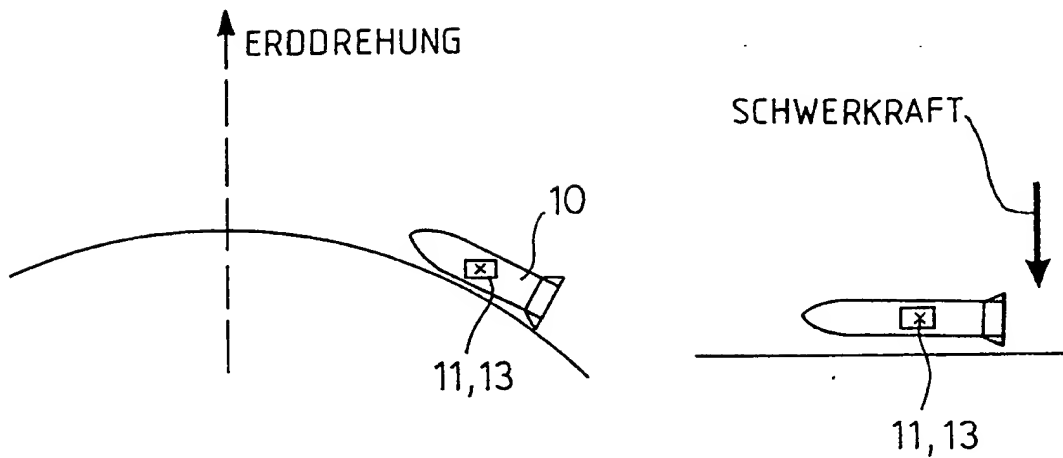
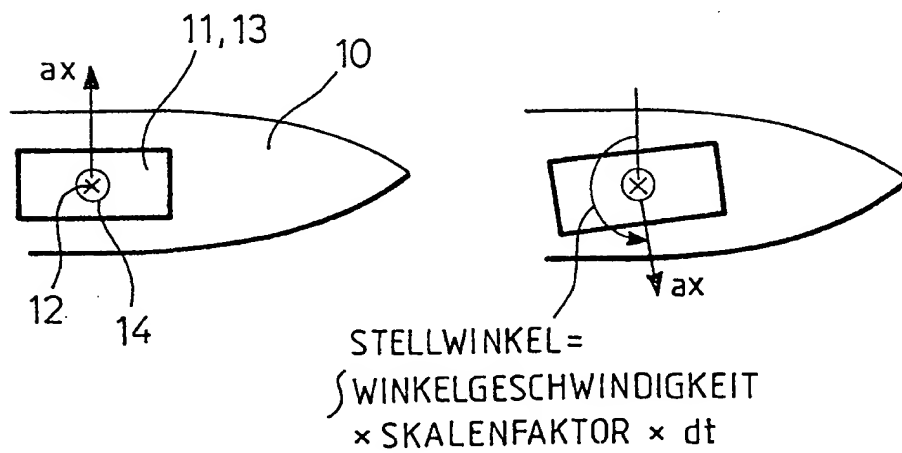


FIG. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**